

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УПРУГИХ КОНСТАНТ МАТЕРИАЛА ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Г. А. ДОЩИНСКИЙ, Н. В. ПОГОЖЕВА

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

С конца 50-х годов в печати периодически появляются работы [1, 2, 3, 4], отмечающие возможность изменения модулей нормальной и касательной упругости в процессе пластической деформации. Результаты этих исследований показали, что названные константы для металлов могут существенно изменяться, но определенной качественной и количественной закономерности их изменения с ростом степени пластической деформации не установлено.

Целью данной работы явилось исследование изменений модуля нормальной упругости и коэффициента Пуассона, а также производных от них—модуля сдвига и коэффициента объемной упругой деформации— в процессе пластической вытяжки. Для повышения надежности измерения деформаций и, соответственно, определения упругих констант в данной работе использовались крупноразмерные образцы стали 20х длиной 700 мм, диаметром 45 мм. Исследование проводилось на 100-тонной испытательной машине фирмы Olsen's. Усилия замерялись по шкале машины; продольные упругие деформации — механическими тензометрами Гугенбергера; продольные пластические — системой индикаторов; поперечные — микронным индикатором. Цикл разгрузка — нагружение повторялся через ступени пластической деформации, примерно равные одному проценту. Для каждого образца упругие характеристики определялись на 10—12 ступенях так, что полная деформация образца достигала 9—10%.

Модуль нормальной упругости для каждой ступени пластической деформации определялся как угловой коэффициент прямой, построенной по точкам, соответствующим ряду ступеней нагружения в координатах: напряжение — продольная относительная упругая деформация, а коэффициент Пуассона — как угловой коэффициент прямой с построением, аналогичным отмеченному выше в координатах: упругая продольная — упругая поперечная относительная деформации. Обе характеристики определялись с учетом изменяющихся в процессе пластического деформирования размеров образца. Затем определенные таким образом для каждой ступени модуль нормальной упругости  $E_n$  и коэффициент Пуассона  $\mu_n$  относились, соответственно, к начальным значениям  $E_0$  и  $\mu_0$ , полученным на основе нескольких предварительных упругих нагружений. По этим отношениям были построены кривые изменения  $E$  и  $\mu$  в координатах  $\frac{E_n}{E_0} — \sigma\%$  и  $\frac{\mu_n}{\mu_0} — \sigma\%$ , которые показаны на



рис. 1 для 3-х образцов с различным обозначением экспериментальных точек.

Используя полученные для каждой степени пластической деформации значения  $E_n$  и  $\mu_n$ , по формулам  $K = \frac{E}{3(1-2\mu)}$  и  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$  были определены значения производных характеристик упругости: коэффи-

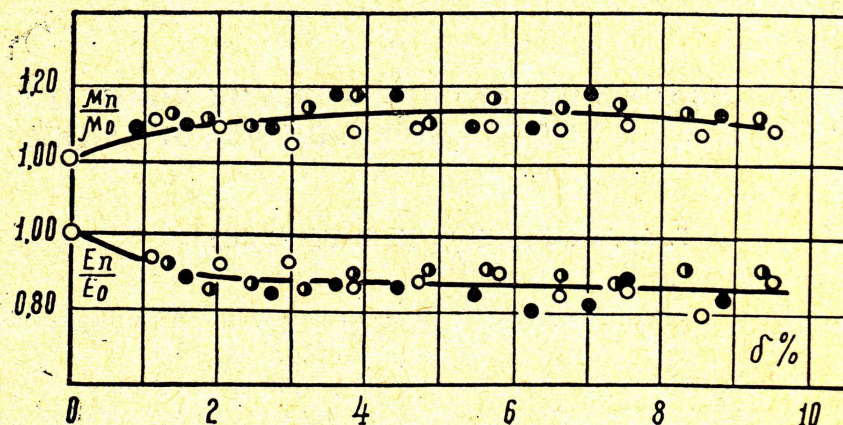


Рис. 1

циента объемной упругости —  $K_n$  и модуля сдвига —  $G_n$  соответственно для тех же степеней пластической деформации. Затем по отношениям этих величин к начальным значениям были построены кривые изменения  $K$  и  $G$  в координатах  $\frac{K_n}{K_0} - \sigma\%$  и  $\frac{G_n}{G_0} - \sigma\%$ , показанные на рис. 2.

Результаты исследования показали, что модуль нормальной упругости  $E$  и касательной упругости  $G$  с ростом осевой пластической де-

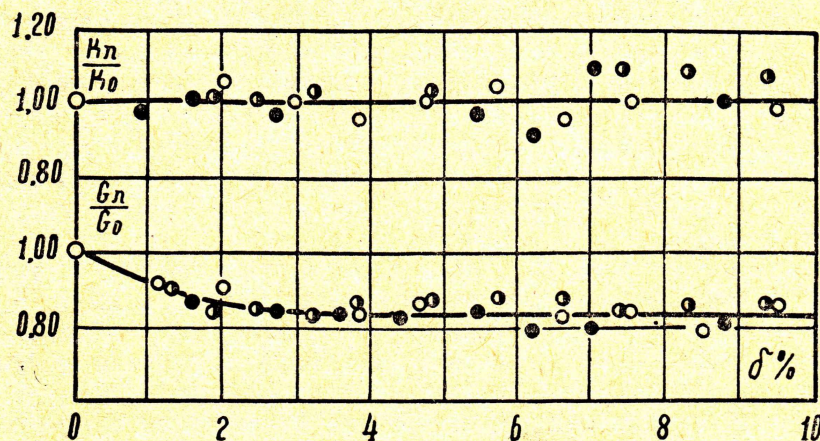


Рис. 2

формации уменьшается для данного материала на 15—18%, причем наиболее интенсивное изменение этих «констант» происходит в начальной стадии пластического деформирования (в период текучести). С дальнейшим ростом пластической деформации эти характеристики заметно стабилизируются.



Коэффициент упругой поперечной деформации  $\mu$  для испытанного металла в процессе пластического деформирования увеличивается на 12—15%, причем для этой характеристики прослеживается та же особенность, т. е. она интенсивно изменяется в пределах 1—1,5% пластической деформации, а в дальнейшем изменяется незначительно.

Коэффициент объемной упругой деформации остается в процессе пластического деформирования практически неизменным, равным первоначальному значению, полученному при первичном нагружении.

Следует отметить, что заметный разброс точек (рис. 1, 2) не является следствием погрешностей опыта. Экспериментальные точки, на основе которых определялись соответствующие упругим константам угловые коэффициенты, довольно четко располагаются на прямых, свидетельствуя о надежности измерений. Колебания значений констант обус-

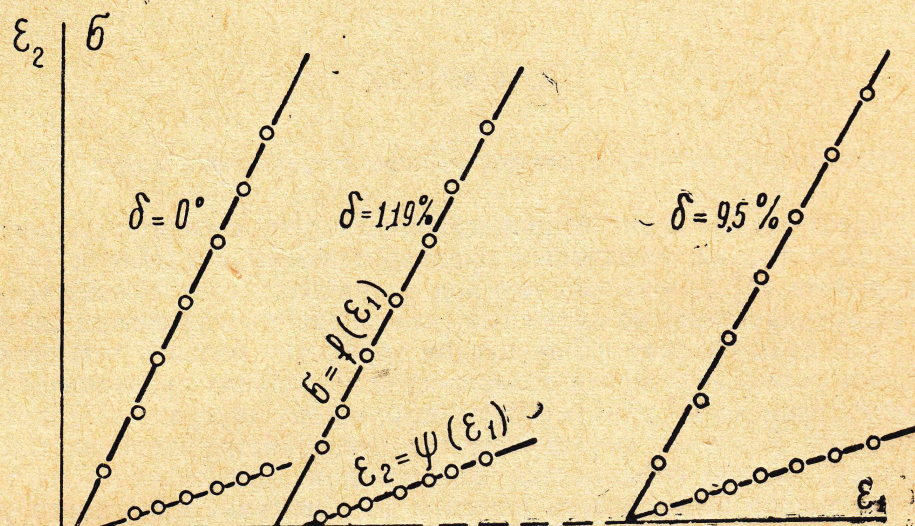


Рис. 3

ловлены немонотонными изменениями структурного строения поликристаллического агрегата металла в процессе пластической деформации и соответственно его интегральных упругих качеств, выражением которых и являются константы упругости.

Заслуживает внимания также то обстоятельство, что характер изменений упругих констант имеет некоторое соответствие с изменением величины эффекта Баушингера. В частности, в исследованиях [5] (для этой же стали) отмечено существенное изменение эффекта Баушингера в начальных стадиях пластической деформации с последующей стабилизацией эффекта. По-видимому, эта аналогия предопределена тем, что в основе этих изменений в том и другом случае находит выражение влияние остаточных микронапряжений, являющихся исходной причиной возникновения анизотропии упрочнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Жуков. Некоторые особенности кривой нейтрального нагружения. Изв. АН СССР, ОТН, № 8, М., 1958.
2. А. М. Жуков. Упругие свойства пластически деформированного металла и сложное нагружение. Инженерный сборник, т. 30, М., 1960.
3. О. А. Шишмарев, Е. Я. Кузьмин. О зависимости упругих постоянных металла от пластической деформации. Изв. АН СССР, ОТН, «Механика и машиностроение», № 3, М., 1961.
4. Ю. А. Сазонов. Об изменении модулей упругости меди и никеля в процессе пластической деформации. Труды ЛПИ, № 278, Л., 1967.
5. З. П. Каменцева. Исследование эффекта Баушингера при малых пластических деформациях. Сб. «Исследования по упругости и пластичности». № 6, Изд. ЛГУ, Л., 1967.